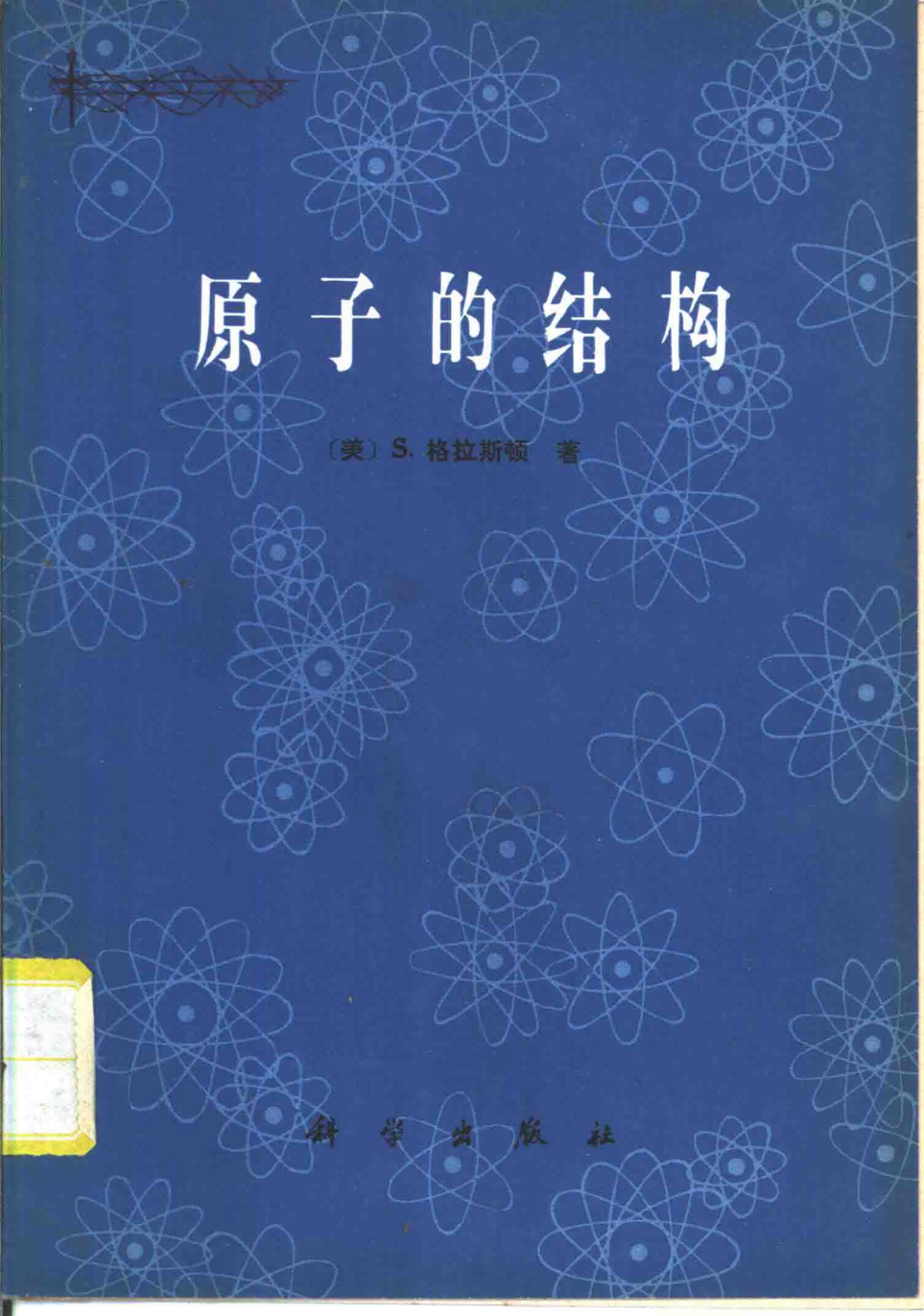




原子的结构

〔美〕S. 格拉斯顿 著



科学出版社

0562.1

3347

原 子 的 结 构

〔美〕S. 格拉斯顿 著

李志天 译

科 学 出 版 社

1980

内 容 简 介

本书是美国能源研究开发署出版的一套科普丛书之一，书中以通俗的语言介绍了原子的结构、原子结构的理论、电子和原子核。可供中等文化程度的青年和干部阅读、参考。

S. Glasstone

Inner Space:

THE STRUCTURE OF THE ATOM

U. S. Energy Research and Development Administration

原 子 的 结 构

[美] S. 格拉斯顿 著

李志天 译

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1980年11月第 一 版 开本：787×1092 1/32

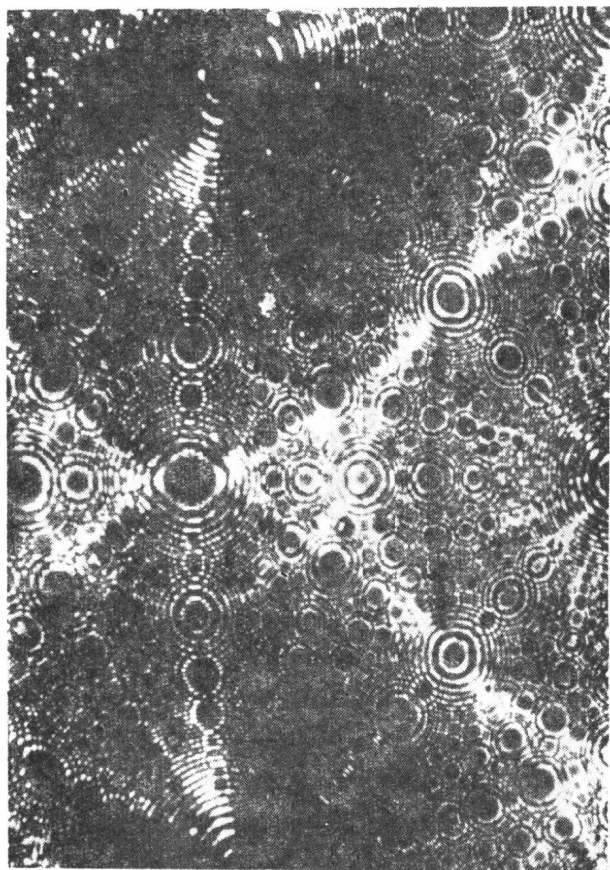
1980年11月第一次印刷 印张：2 1/2

印数：0001—10,100 字数：45,000

统一书号：13031·1373

本社书号：1902·13—3

定价：0.25 元



晶体的离子场微观图,每一小点是一个单独的原子

目 录

引言	1
元素和原子	1
电荷的单位	3
无所不在的电子	5
原子结构的理论	7
汤姆孙的原子理论	7
α 粒子的散射	8
原子核的理论	10
原子核的电荷和质量	13
原子核的大小	14
核电荷和原子序数	17
原子核组成的最初想法	22
原子核中的中子	24
同位素	27
原子的质量单位	30
轨道电子	32
原子光谱	32
辐射的波长和频率	33
量子理论	35

光谱的起源.....	35
氢原子光谱.....	36
玻尔的原子光谱理论.....	38
索末菲的椭圆轨道.....	43
磁量子数和自旋量子数.....	45
电子的波动性.....	47
波动力学.....	52
轨函数代替轨道.....	54
原子中电子的排列.....	56
原子核	61
核的结合能.....	61
核能的释放.....	63
核子结合能和电子结合能.....	64
核力.....	65
核力的起源.....	66
核模型.....	67
结束语	73

引 言

元素和原子

两千多年前,希腊的哲学家在考虑宇宙的结构时,曾认为所有的物质都是由土、空气、火和水这四种“元素”所组成。这种观点极为流行,直到十八世纪后半叶科学家们作出了许多发现,才动摇了它的真实性。例如,法国化学家拉瓦锡在1774年证实,空气并不是基本的物质(单质),而是由氧和氮这两种气体所组成的混合物。数年以后,在1789年,英国的卡文迪许的工作证明,水是由氢和氧化合而成。这样,古人所谓四种元素当中的两种——空气和水——事实上不是元素。

是拉瓦锡使我们具有元素的现代概念:元素是只包含一种要素的物质。一切都是由这些元素所组成。有些物质,如碳、铁和金,它们本身就是元素。有些物质则是不同元素的紧密结合物,即所谓化合物,如水是氢和氧的化合物,盐是钠和氯的化合物,糖是碳、氢和氧的化合物。其他的物质(象空气,主要是氧和氮)是元素的混合物,还有别的物质(象盐溶液和糖溶液),则是化合物的混合物。目前已经知道地球上九十种元素,另外还有十五种不稳定的(放射性的)元素已在实验室



拉瓦锡和他的夫人在一起

中制出。

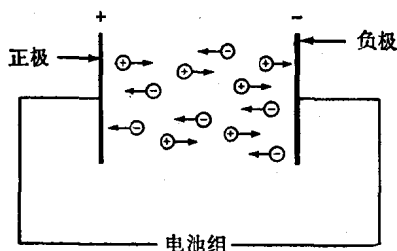
多年来，科学家一直在问自己：是什么使一种元素区别于另一种元素呢？为了回答这个问题，我们必须对物质的结构作深入的探讨。

古希腊人除了提出元素的最初概念外，还发展了原子是组成一切物质的不可分的最小单元的思想。现在，原子被认为是某一元素能保留该元素特性的可能最小微粒。在适当的时候，我们将看到，原子能够分裂成更小的部分，但这些部分不再具有该元素的各种特性。一种元素的原子决定了该元素

的特性。一种特定元素的所有原子在本质上是相同的，但它们不同于任何其他元素的原子。这本小册子的目的之一就在于解释各种元素的原子是怎样各不相同的。

电 荷 的 单 位

在某些条件下，原子或原子的化合物(即所谓分子)可以带有正电荷或负电荷。这种带电荷的原子或分子叫做离子。离子能存在于气体、液体(溶液)和固体中。离子在气体和溶液中，偶尔也在固体中能自由移动，它们的运动方向可用电场(或电压)来控制。单词“离子”，在希腊语中即“旅游者”，按其词源是带电粒子的被控制的运动。在电场中，正离子由正极向负极移动，而负离子却由负极向正极移动(见图)。事实上，正是由于带电粒子朝相反的方向移动，才使电流从气体和溶液中通过。



在电场中，正离子向负极移动，与此同时，负离子向正极移动

通过对离子行为的研究，特别是英国法拉第在十九世纪三十年代所做的电流通过溶液的实验，物理学家作出了一个

重要的结论。如果说元素是由原子组成的，那么必然存在着一个电量“原子”单位。换句话说，一个带电荷的原子或分子（离子）必然始终带整数个单位电荷。一个离子可以有一个、二个、三个或更多个单位电荷，但决不能有非整数个单位电



法 拉 第

荷。电的这个最基本的单位，在 1874 年由爱尔兰物理学家斯托尼命名为电子。我们很快就会看到，电子这个词尽管在意义上和过去有所联系，但现在在使用上已和过去有很大差异。

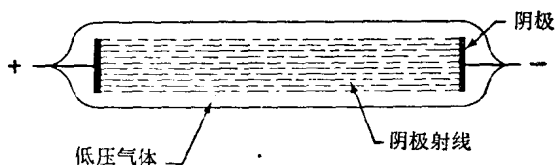
无所不在的电子

当通过两电极间的低压气体放电时(如下页图所示), 可以看到类似霓虹灯和日光灯的各种发光现象。早期的实验者对气体放电的观察表明, 阴极(接到电源负端的那个电极)发出所谓阴极射线。关于这种射线的性质是十九世纪后期那些年广泛争论的课题。其后在 1897 年, 英国物理学家汤姆孙最后解决了这个问题。汤姆孙的工作, 直接和间接地对我们关



汤姆孙在他的实验室里, 右边是早期的 X 射线照片

于原子的理解产生了深刻的影响。他证明阴极射线是由带负电荷的粒子所组成。不管电极的材料和放电气体如何不同,



当电流通过低压气体时,可以看到许多发光现象,其中包括阴极射线的产生

阴极射线的粒子总是相同的。

在其后的岁月里,汤姆孙利用其他方法产生了和阴极射线性质完全相同的粒子。例如,当紫外线投射在某些金属上时能产生这种粒子(光电效应),热的金属丝或碳丝也会发出这种粒子(热离子效应)。已发现这些粒子(汤姆孙称它们为微粒)全部带有等量的负电荷。

由于不管在气体或溶液里,微粒所带的电荷全等于离子所带的单位电荷,“电子”这个名称也就和这种粒子本身联系了起来,尽管它原来是用于表示单位电荷的量值。因此,这些存在于阴极射线中的粒子和在光电效应和热离子效应中形成的微粒,现在都被称作电子,而电子所带的单位电荷则称作电子电荷。

原子结构的理论

汤姆孙的原子理论

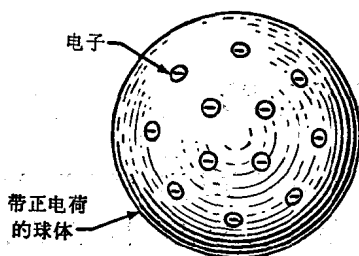
同样的粒子(电子)能够用不同的方法从不同的物质产生,这个事实使汤姆孙在 1898 年形成了一个重要的想法。他提出所有的原子都包含电子,但电子数目不同。由于原子作为一个整体而言是中性的,也就是说,原子没有净电荷,因此,原子必然带有正电荷来中和(或平衡)电子的负电荷。汤姆孙认为这种正电荷分布在整个原子的球体内,以后他命名为“均匀的正电球体”(见图)。

除了这种正电球体的性质不太明确外,汤姆孙的原子理论存在着他自己也意识到的另一个难点。一个电子的质量大大小于一个原子的质量。事实上,以最轻的氢原子来说,一个氢原子几乎是一个电子的质量的两千倍*。其他原子和电子相比将更重。因而,如果原子的质量全部或大部分靠电子产生,那么,一个单个的原子、特别是较重的元素的原子,将包含数以千计的电子。

气体中的光和 X 射线特性的实验证实: 事实并非如此,

* 更确切地说,一个氢原子的质量为电子的 1837 倍。

相反,原子中电子的数目是非常少的。这似乎表明:正电荷必须对原子的质量起决定性作用。这种看法大体上被证明是正确的。如同很快将看到的,原子的质量几乎全部是由带正电



汤姆孙提出的原子模型,均匀分布在球体内部的正电荷应和电子的负电荷相平衡

的物质决定的。可是在那时,这个事实同那种假定的正电荷均匀分布的观点是很难协调起来的。尽管在原子的组成、即原子结构的正确理论的发展中,汤姆孙失败了。但是,由于他唤起了人们对电子的普遍性的注意以及表明了一个中性的原子实际上可能是负电荷(电子)和正电荷的体系,

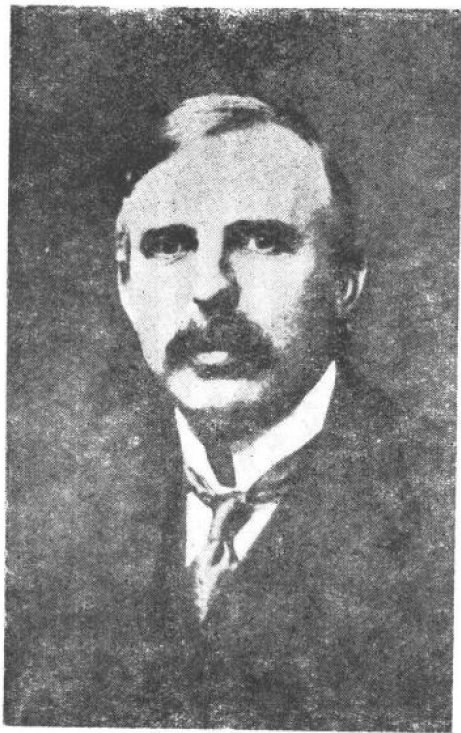
他在原子的研究方面开辟了一个新的时代。

α 粒子的散射

现代原子结构的观点,出人意料地起因于一些放射性物质放射 α 粒子现象的实验。这些粒子比较地重——大约是一个电子质量的7350倍——同时带有两个正电荷。1906年,当时正在加拿大的卢瑟福指出:当一束狭窄的 α 射线通过一块非常薄的金属箔(或金属薄片)后落在照相底版上时,形成的痕迹并不鲜明,而且,边缘很模糊。相反,没有通过金属箔的 α 粒子却留下了边缘鲜明的痕迹。

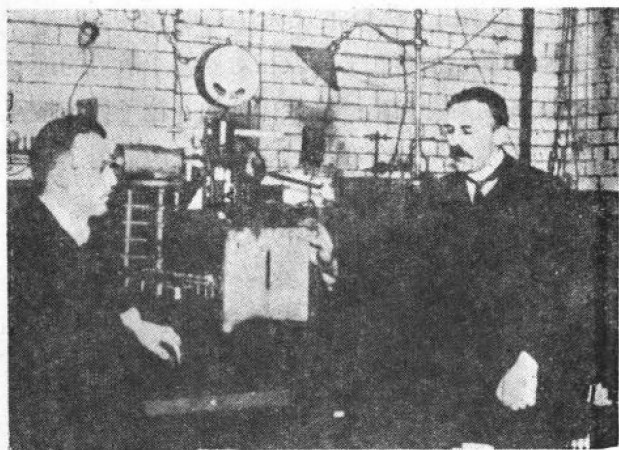
显然， α 粒子由于薄箔而偏离了直线方向。

卢瑟福的助手盖革和马斯敦在对 α 粒子散射的进一步研究后在英国曼彻斯特指出：绝大部分的 α 粒子继续按原方向移动，仅仅极小的一部分在通过金属箔叶时散射了。然而，



卢 瑟 福

更使他们惊讶的是：科学家观察到有些 α 粒子大角度地散射了。少数粒子甚至从它们进入的金属薄片的同一端出现（见第 11 页上图）。卢瑟福说：“这如同你用十五英寸的炮弹向一张



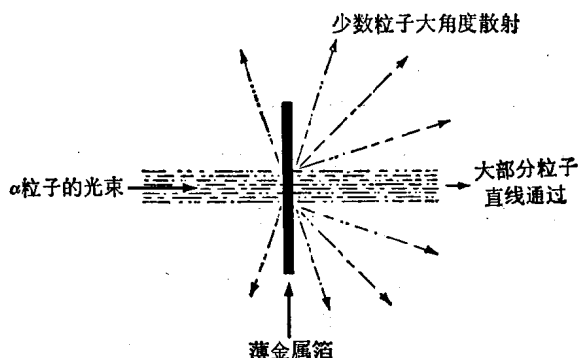
盖革(左)和卢瑟福在曼彻斯特大学(约1910年)

纸开炮,之后炮弹返回来击中你自己一样地几乎不可相信。”

原子核的理论

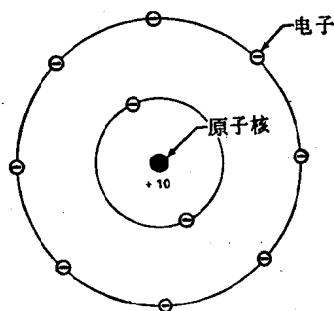
起初,卢瑟福试图用同一方向的许多小角度的连续偏斜来解释 α 粒子出人意外的大角度散射。他认为,由于 α 粒子和金属箔叶中电子之间的相互作用,也许会产生这种小角度偏斜。以后,卢瑟福认识到这并不是对 α 粒子偶尔大角度散射的令人满意的解释。1921年,进一步的考虑使他从原子结构的新的概念的基础来说明这种散射。这种原子结构的理论已经是如此充分地建立了起来,以致现在还没有认真考虑其他的原子结构理论。

卢瑟福争辩说:汤姆孙关于正电荷在整个原子球体内均



当 α 粒子的狭光束通过薄金属箔时,大部分粒子继续以原方向移动,但少数粒子大角度散射了

匀分布的观点是错误的。他说,事实上,正电荷(及质量中的大部分)集中在原子中心的一个非常小的范围内,以后,他把这称作原子核。带负电荷的、在数目上比较少的电子占据着原子核周围的空间(见右图)。由于电子和原子的大小相比是很小的,所以原子内部的大部分是空着的*。



锂原子的示意图, 锂核带有十个正电荷, 绕核有十个电子(如果用标尺来表示, 原子核的直径大概是 10^{-5} 英寸, 即十万分之一英寸, 而电子直径更小)

卢瑟福的核原子理论为 α 粒子的散射提供了令人完

* 电子通常表现得好像占据着整个原子的球体一样, 这就是物质不因为原子的空虚而经常作为固体(或液体)存在的原因。